

·论 著·

低剂量CT血管造影对下肢动脉硬化闭塞症患者介入术后血管再狭窄的诊断价值

陈君 唐建红 方萍

[摘要] 目的 探讨低剂量CT血管造影(CTA)对下肢动脉硬化闭塞症(LEASO)患者介入术后血管再狭窄的诊断价值。方法 回顾性分析接受介入治疗的LEASO患者75例为研究对象,常规随访1年后根据数字减影血管造影(DSA)将患者分为再狭窄组(血管狭窄 $\geq 50\%$)19例和非再狭窄组56例。采用低剂量CTA扫描和多种后处理技术重组下肢动脉三维图像,记录扫描长度(L)、容积CT剂量指数(CTDIvol)和剂量长度乘积(DLP),计算有效剂量(ED)值。以DSA为金标准,评价CTA对LEASO患者介入术后血管再狭窄的诊断价值。结果 两组CTA参数L、CTDIvol、DLP、ED值和图像质量比较,差异均无统计学意义(t 分别=0.65、0.56、1.12、0.82, $Z=-0.37$, P 均 >0.05)。CTA诊断血管再狭窄24例,准确率为80.00%,灵敏度为73.68%,特异度为82.14%,阳性预测值为58.33%和阴性预测值为90.20%。CTA显示再狭窄程度与DSA具有较高的一致性($Kappa=0.90$)。结论 LEASO介入术后仍有较高的支架内再狭窄发生率,低剂量CTA对下肢动脉再狭窄有较好的诊断效能,同时图像质量较好,射线和对比剂暴露减少,安全性更高。

[关键词] 下肢动脉硬化闭塞症; 血管内介入; 低剂量; CT血管造影; 再狭窄

The value of low-dose CT angiography in the diagnosis of restenosis for patients with lower extremity arteriosclerosis obliterans after interventional therapy CHEN Jun, TANG Jianhong, FANG Ping. Department of Radiology, Jinhua People's Hospital, Jinhua 321000, China.

[Abstract] **Objective** To investigate the clinical value of low-dose CT angiography (CTA) in the diagnosis of restenosis for patients with lower extremity arteriosclerosis obliterans (LEASO) after interventional therapy. **Methods** Totally 75 patients with LEASO received interventional therapy were enrolled in the retrospective study. According to the result of digital subtraction angiography (DSA) after one year follow-up, they were divided into restenosis group (vascular stenosis $\geq 50\%$) with 19 cases and non-restenosis group with 56 cases. Low dose CTA scanning and various post-processing techniques were used to reconstruct the three-dimensional images of lower limb arteries, then the scanning length (L), volume CT dose index (CTDIvol) and dose length product (DLP) were recorded, the effective dose (ED value) was calculated. The diagnostic value of CTA for vascular restenosis in LEASO patients after interventional surgery was evaluated. **Results** There was no difference in CTA parameters including L, CTDIvol, DLP, ED value and image quality ($t=0.65$, 0.56, 1.12, 0.82, $Z=-0.37$, $P>0.05$). CTA diagnosed 24 cases of restenosis, the accuracy was 80.00%, sensitivity was 73.68%, specificity was 82.14%, positive predictive value was 58.33% and negative predictive value was 90.20%. CTA showed a high consistency of the degree of restenosis with DSA ($Kappa=0.90$). **Conclusion** There is still a high incidence of in-stent restenosis after LEASO intervention, low dose CTA has a good diagnostic efficacy for lower extremity arterial restenosis. At meanwhile, the image quality is good, the exposure of X-ray and contrast agent is reducing, so the safety is higher.

DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2023.012.004

基金项目:金华市科技计划项目(2022-4-162)

作者单位:321000 浙江金华,金华市人民医院放射科(陈君),介入科(唐建红);金华市金东区中医院放射科(方萍)

[Key words] lower extremity arteriosclerosis obliterans; intravascular intervention; low dose; CT angiography; restenosis

球囊扩张联合支架置入是目前下肢动脉硬化闭塞症(lower extremity arteriosclerosis obliterans, LEASO)的主要介入形式^[1],但是有较高的支架内再狭窄率和血管再重建率^[2,3]。CT血管造影(CT angiography, CTA)是临床最常用评估冠状动脉、脑动脉、胸腹主动脉以及下肢动脉等管腔形态的无创检查技术,对排除狭窄阴性病例有较高的特异性^[4,5],但是对于植入支架的患者评估再狭窄易受到支架伪影、钙化等因素的干扰,假阳性率较高,准确性下降^[6,7]。CTA应用受限的原因还包括射线暴露和造影剂脏器损伤的风险,有一定的致癌概率^[8]。目前,低剂量CTA在肺部结节良恶性鉴别、冠状动脉狭窄等领域应用较多^[9,10],而在LEASO中应用报道较少。本研究重点探讨LEASO患者介入术后采用低剂量CTA诊断再狭窄的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选择2021年1月至2022年5月金华市人民医院确诊LEASO并接受介入治疗的患者75例为研究对象。纳入标准为:①年龄大于18岁;②符合LEASO诊断标准和介入治疗适应证^[11],手术顺利完成,康复出院;③签署研究同意书,完成至少1年的临床随访;④均进行DSA和CTA检查,且图像清晰可保存。排除标准为:①存在弥漫性病变、小血管病变、严重钙化病变等不适合支架植入;②严重糖尿病无法控制,肢体严重感染无法控制;③下肢血管畸形,穿刺失败;④下肢深静脉血栓形成;⑤慢性肾脏疾病,对造影剂过敏。本研究通过本院伦理委员会审批。

1.2 方法 随访1年后,患者复诊低剂量CTA检查。使用荷兰飞利浦Ingenuity 128层螺旋CT扫描仪,扫描范围从腹主动脉至足底,取仰卧位、足先进、平静呼吸,扫描参数设置为层厚0.625 mm,重建层厚0.625 mm,螺距0.969:1,旋转时间0.8 s,矩

阵512×512,管电压100 kV,管电流350 mA。经肘静脉注入非离子对比剂碘克沙醇(270 mgI/mL),速率为4.0 ml/s,剂量60~80 mL。采用smart prep技术自动激发扫描,于腹主动脉层面监测时间-密度曲线,阈值约180 Hu,间隔时间3 s,造影剂注射完毕立即自动以同流速追加40 mL 0.9%氯化钠注射液。初始数据以DICOM格式保存后传输至飞利浦工作站进行后处理,结合最大密度投影、多平面重组以及容积重组等技术进行下肢动脉三维图像重组,重建厚度为0.625 mm。由2名经验丰富的放射科医师在不知病情的前提下独立进行观察和分析,手动勾勒感兴趣区域,避开血管壁、斑块或钙化,软件自动计算血管再狭窄率。记录扫描长度(scanning length, L)、容积CT剂量指数(volume CT dose index, CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP),计算有效剂量(effective dose, ED)值,结果取平均值,并评价图像质量,图像质量从有无伪影(1~5分)、病灶显影(1~3分)和各级动脉综合显影(1~4分)三方面进行半定量评分,总分3~12分,10~12分为良好,6~9分为一般,3~5分为较差。有歧义时协商取一致意见。

1.3 统计学方法 采用SPSS 20.0统计软件进行分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采用 t 检验,计数资料以例(%)表示,组间比较用(校正) χ^2 检验,等级资料采用秩和检验;以DSA结果为金标准,计算CTA诊断再狭窄的准确性、灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值并进行一致性检验。设 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 以术后随访1年DSA的检查结果为金标准,将患者分为再狭窄组(血管狭窄 $\geq 50\%$)19例和非再狭窄组56例。两组CTA参数和图像质量比较见表1。

表1 两组CTA参数和图像质量比较

组别	L/cm	CTDIvol/mGy	DLP/mG·cm	ED/mSv	图像质量/例(%)		
					良好	一般	较差
再狭窄组	106.95±15.82	18.96±4.24	1842.63±523.95	21.96±6.73	16(84.21)	2(10.53)	1(5.26)
非再狭窄组	103.55±12.44	17.84±3.56	1678.56±324.64	24.56±6.35	49(87.50)	5(8.93)	2(3.57)

由表1可见,两组CTA参数L、CTDIvol、DLP、ED和图像质量比较,差异均无统计学意义(t 分别=0.65、0.56、1.12、0.82, $Z=-0.37$, P 均 >0.05)。

2.2 CTA诊断血管再狭窄的效能分析见表2

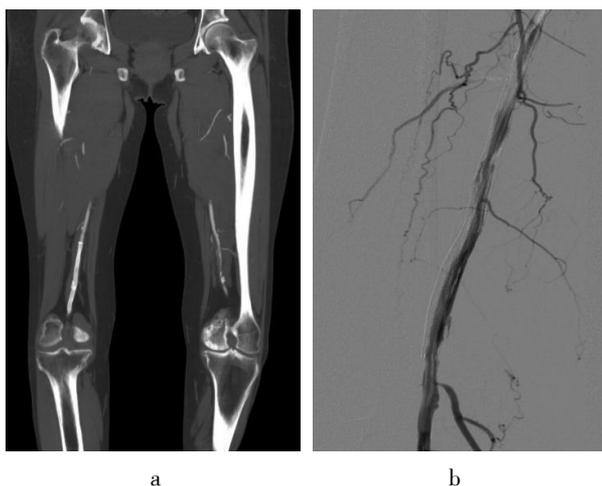
由表2可见,CTA诊断血管再狭窄24例和非再

狭窄51例,准确率为80.00%(60/75),灵敏度为73.68%(14/19),特异度为82.14%(46/56),阳性预测值为58.33%(14/24)和阴性预测值为90.20%(46/51)。CTA显示血管再狭窄率与DSA具有较高的一致性($Kappa=0.90$, $P<0.05$)。

表2 CTA诊断血管再狭窄的效能分析/例

CTA	DSA		合计
	阳性	阴性	
阳性	14	10	24
阴性	5	46	51
合计	19	56	75

2.3 LEASO患者介入术后1年低剂量CTA、DSA典型影像见图1



注:a:低剂量CTA;b:DSA。

图1 LEASO患者介入术后1年低剂量CTA及DSA图像

由图1 a可见,LEASO患者支架植入术后1年,低剂量CTA显示右侧股浅动脉远段可见支架植入,支架内未见对比剂充盈;图1 b DSA显示右侧股浅动脉支架内可见6 cm狭窄,严重处狭窄约90%,胫前、胫后动脉未见显影。

3 讨论

再狭窄的发生机制与内皮损伤、细胞增生、炎症反应、微血栓形成、支架回缩等有关^[12,13]。斑块旋切术可能对降低支架内再狭窄的发生有一定作用^[14-16],但还需要经大样本临床随机对照试验的验证。术后强化抗凝、抗血小板和降血脂仍然是目前预防再狭窄的主要策略。

本研究采用双低剂量CTA诊断LEASO介入术后再狭窄的发生,再狭窄组和非再狭窄组在CTA参数L、CTDIvol、DLP、ED值和图像质量方面比较均无明显差异(P 均 >0.05)。说明从CTA参数方面证明再狭窄与非再狭窄是同效的,尤其是图像质量和射线暴露量,证明CTA对于再狭窄患者来说同样适用。Park等^[17]研究显示,使用高级建模迭代重建算法重建70 kVp的低剂量和超低剂量下肢动脉CTA能够显著降低辐射剂量,图像质量与标准剂量CTA

无明显差别,尤其在钙化斑块中表现相当,在外周动脉疾病的诊断和随访中有重要的应用前景。毛光品等^[18]探讨了自动管电流调节技术结合迭代重建算法在降低下肢动脉CTA辐射剂量中的应用表现,认为有较好的可行性。但是,目前尚缺乏关于低剂量CTA在LEASO介入术后再狭窄中的应用报道。

本研究显示,CTA诊断再狭窄的准确率为80.00%,灵敏度为73.68%,特异度为82.14%,阳性预测值为58.33%和阴性预测值为90.20%。并且,CTA显示再狭窄程度与DSA具有较高的一致性。提示低剂量CTA在LEASO介入术后再狭窄中同样有较好的应用价值。Wuest等^[19]指出,不同的迭代重建技术补偿了较低管电流时间乘积设置增加的噪声,较高的迭代重建设置显著改善了主观和客观图像质量,但对支架再狭窄的准确性没有影响。陆建红等^[20]研究表明,双低剂量冠脉CTA图像质量及支架内再狭窄诊断效能与常规剂量和管电压的扫描方式基本相当,但能够显著降低辐射剂量和碘负荷。

本研究也有一定的局限性。本研究为单中心病例总结,样本量较小,结果还需要进一步验证。

综上所述,LEASO介入术后仍有较高的支架内再狭窄发生率,低剂量CTA对下肢动脉再狭窄有较好的诊断效能,尤其是阴性预测值较高,显示再狭窄程度与DSA有较高的一致性;同时图像质量较好,射线和对比剂暴露减少,安全性更高。低剂量CTA有望成为LEASO介入术后常规随访的重要无创检查方法。

参考文献

- 徐义岩,王海洋.下肢动脉硬化闭塞症的治疗进展[J].医学综述,2020,26(24):4892-4896.
- Lian W, Nie H, Yuan Y, et al. Clinical significance of endothelin-1 and C reaction protein in restenosis after the intervention of lower extremity arteriosclerosis obliterans[J]. J Invest Surg, 2021, 34(7):765-770.
- Ding HX, Ma HF, Xing N, et al. Five-year follow-up observation of interventional therapy for lower extremity vascular disease in type 2 diabetes and analysis of risk factors for restenosis[J]. J Diabetes, 2021, 13(2):134-142.
- 张荣洲,刘帆,宋曼,等.256层CTA在中老年冠状动脉支架内腔再狭窄中的临床价值[J].中国老年学杂志,2021,41(12):2470-2472.
- Shwaiki O, Rashwan B, Fink MA, et al. Lower extremi-

- ty CT angiography in peripheral arterial disease: From the established approach to evolving technical developments[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2021, 37(10): 3101-3114.
- 6 郭英涛. 双源冠状动脉CTA对心脏介入支架术后效果及再狭窄的价值分析[J]. *中国全科医学*, 2017, 20(S3): 403-404.
 - 7 Andreini D, Mushtaq S, Pontone G, et al. CT perfusion versus coronary CT angiography in patients with suspected in-stent restenosis or CAD progression[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2020, 13(3): 732-742.
 - 8 Tang X, Qu G, Wang L, et al. Low-dose CT screening can reduce cancer mortality: A meta-analysis[J]. *Rev Assoc Med Bras (1992)*, 2019, 65(12): 1508-1514.
 - 9 纪颖, 薛迪. 低剂量CT用于肺癌筛查的Meta分析[J]. *实用癌症杂志*, 2017, 32(8): 1283-1287.
 - 10 Tækker M, Kristjónsdóttir B, Graumann O, et al. Diagnostic accuracy of low-dose and ultra-low-dose CT in detection of chest pathology: A systematic review[J]. *Clin Imaging*, 2021, 74(6): 139-148.
 - 11 郑月宏, 宋希涛. 下肢动脉硬化闭塞症治疗进展与展望[J]. *中华外科杂志*, 2021, 59(12): 961-964.
 - 12 Biscetti F, Nardella E, Rando MM, et al. Outcomes of lower extremity endovascular revascularization: Potential predictors and prevention strategies[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(4): 2002.
 - 13 Arita Y, Ogasawara N, Hasegawa S. Correlations between the ankle-brachial index, percentage of mean arterial pressure, and upstroke time for endovascular treatment[J]. *Cardiol Res*, 2020, 11(6): 392-397.
 - 14 魏立春, 郭建明, 侯培勇, 等. 斑块旋切联合药物涂层球囊在下肢动脉硬化闭塞症中应用的现状及研究进展[J]. *中国普通外科杂志*, 2019, 28(12): 1526-1533.
 - 15 Beckman JA, Schneider PA, Conte MS. Advances in revascularization for peripheral artery disease: Revascularization in PAD[J]. *Circ Res*, 2021, 128(12): 1885-1912.
 - 16 唐文涛, 刘杰, 徐章伦. 介入联合保守治疗下肢动脉硬化闭塞症的临床疗效及预后危险因素分析[J]. *中国现代医学杂志*, 2022, 32(5): 93-100.
 - 17 Park S, Park SH, Hwang JH, et al. Low-dose CT angiography of the lower extremities: A comparison study of image quality and radiation dose[J]. *Clin Radiol*, 2021, 76(2): 19-26.
 - 18 毛光品, 黄求理, 潘宇宁, 等. 自动管电流调节技术结合迭代重建算法在下肢动脉CT血管成像中的应用[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2016, 36(3): 230-234.
 - 19 Wuest W, May MS, Scharf M, et al. Stent evaluation in low-dose coronary CT angiography: Effect of different iterative reconstruction settings[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2013, 7(5): 319-325.
 - 20 陆建红, 林大营, 周立新, 等. 256层螺旋CT双低剂量扫描用于冠脉支架内再狭窄评估中的图像质量、诊断价值和冠脉造影一致性分析[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20(4): 72-75.

(收稿日期 2023-06-13)

(本文编辑 葛芳君)